

La paille de riz dans l'alimentation au Sénégal

I. Analyses bromatologiques - Digestibilités *in vivo* et *in vitro*, bilans azotés et minéraux

par H. CALVET (*), J. VALENZA (*), R. BOUDERGUES (*),
S. DIALLO (*), D. FRIOT (*), J. CHAMBON (*)

RESUME

La paille de riz est un fourrage abondant au Sénégal : 150 000 t sont disponibles à l'heure actuelle et ces quantités doivent doubler dans les dix années à venir.

Ce fourrage qui, distribué seul, constitue un aliment très incomplet, est actuellement peu et mal utilisé. Afin de déterminer les modalités d'une alimentation rationnelle avec ce fourrage, les auteurs rapportent les résultats des nombreux travaux de laboratoire effectués sur ce sous-produit. La première partie intéresse sa composition chimique, les résultats des digestibilités *in vivo* et *in vitro*, les bilans azotés et minéraux.

L'exploitation du cheptel dans les zones tropicales et tout particulièrement au Sénégal semble amorcer ces dernières années une évolution dans le sens d'une intensification de la production.

L'incitation à ce progrès revient en premier au succès des techniques d'embouche intensive mises au point récemment. Ces dernières sont, en effet, basées sur la rapidité de la production et sur des notions de gestion industrielle, idées nouvelles dans l'exploitation du cheptel tropical dont le retentissement est de nature à stimuler l'élevage traditionnel tout entier.

Les problèmes d'alimentation animale deviennent alors primordiaux. La multiplication des « feed lots » est, en effet, étroitement tributaire du disponible en fourrages et en sous-produits agricoles ou industriels capables d'entrer dans la composition de rations économiques.

Or, parmi les ressources fourragères du Sénégal, la paille de riz mérite de retenir l'attention, car le tonnage produit en est relativement important et n'est que très faiblement utilisé.

La note présentée ci-après, faisant référence à tous les travaux concernant la paille de riz effectués au Laboratoire national de l'Elevage et de Recherches vétérinaires de Dakar, se propose de déterminer les caractéristiques exactes de ce fourrage, et d'en déduire les modalités qui permettraient d'en tirer profit.

La culture du riz est pratiquée au Sénégal essentiellement dans la région du Fleuve, en Casamance, au Sine-Saloum et accessoirement au Sénégal Oriental.

Dans la région du Fleuve, elle utilise les importants aménagements hydrauliques qui y ont été réalisés. Deux sociétés d'économie mixte : la S.A.E.D. (Société d'Aménagement et d'Exploitation du Delta) et la S.D.R.S. (Société de Développement rizicole du Sénégal) encadrent cette production et assurent le traitement industriel du paddy.

(*) Laboratoire national de l'Elevage, B.P. 2057, Dakar-Hann, République du Sénégal.

Les statistiques de production en 1971 et les prévisions pour l'année 1980 font apparaître, pour cette région, les chiffres suivants :

	1971	1980
SAED	18 000 t de paddy	30 000 t
SDRS	7 000 t de paddy	30 000 t
Vallée	800 t de paddy	20 000 t

En Casamance, la production actuelle s'élève à 60 000 t avec des prévisions de 120 000 t pour la décennie à venir.

Au Sine Saloum, 5 000 ont été récoltées, quantités qu'on espère voir doubler en 1980. Au Sénégal Oriental, enfin, la production actuelle est négligeable mais 20 000 t sont escomptées dans les années à venir.

Au total, on récolte donc à l'heure actuelle au Sénégal plus de 90 000 t de paddy, ce qui correspond à plus de 150 000 t de paille, quantité qui doit doubler en 10 ans.

Mais à côté de ce disponible théorique, les quantités de paille actuellement récupérables sont beaucoup plus limitées : 3 à 4 mille tonnes sur le fleuve et 500 à 1 000 t en Casamance.

Dans la première région, la presque totalité de la paille produite est brûlée chaque année avec la remise en culture des casiers. En Casa-

mance, une certaine proportion serait pâturée par le bétail.

Depuis une dizaine d'années, les services de bromatologie et de nutrition du Laboratoire de Dakar, conscients du gaspillage que constitue à l'heure actuelle la mauvaise utilisation de ce fourrage, ont poursuivi de nombreuses recherches sur la paille de riz.

Ces travaux ont comporté successivement : des analyses bromatologiques, des études de digestibilité *in vivo* et *in vitro*, des bilans azotés, des recherches sur la biochimie du rumen après alimentation à la paille de riz, enfin des essais d'embouche intensive avec des rations contenant ce fourrage. Ces divers points vont être successivement envisagés.

1. ANALYSES BROMATOLOGIQUES

Un grand nombre d'échantillons de paille provenant de la récolte de trois années successives dans les casiers rizicoles de Richard Toll (1963, 65, 70) ont été dosés.

Les résultats de ces analyses sont présentés dans le tableau n° I.

La comparaison des résultats bromatologiques obtenus avec la paille de riz d'une part, et avec une paille de blé européenne, montrent

TABLEAU N° I
Analyse chimique de la paille de riz (en g. p.1000 de M.S.)

	1	2	3	Paille de blé
	Paille 1963 n = 25	Paille 1965 n = 33	Paille 1970 n = 27	
Matières sèches	936,7 ± 5,2	922,7 ± 2,7	891,8 ± 9,1	933
Matières minérales	175,0 ± 2,4	179,13 ± 4,8	171,9 ± 5,0	47
Matières organiques	825,0 ± 2,4	820,4 ± 4,4	828,9 ± 5,2	886
Matières grasses	16,68 ± 2,7	9,86 ± 2,67	13,7 ± 1,1	15
Matières azotées	21,0 ± 2,4	22,8 ± 1,3	31,2 ± 1,5	23
Matières cellulosiques (cellulose Wende)	361,7 ± 6,4	345 ± 4,9	330,4 ± 12,1	451
Extractif non azoté	425,6 ± 7,0	442,6 ± 6,6	453,9 ± 11,0	396
Calcium	1,70 ± 0,09	1,71 ± 0,14	2,15 ± 0,20	2
Phosphore	0,69 ± 0,05	0,65 ± 0,02	0,75 ± 0,07	0,6
Valeur UF d'après les tables hollandaises	0,30 ± 0,01	0,33 ± 0,01	0,37 ± 0,02	

que dans la plupart de leurs composants, ces deux fourrages ne sont pas tellement différents. L'une et l'autre paille ont la même indigence en matière azotée. Les taux de calcium et phosphore sont également comparables. La paille de riz contient cependant moins de cellulose et en conséquence, un extractif non azoté plus élevé. La différence essentielle entre les deux pailles porte sur le taux des matières minérales totales. Au 47 g p. 1 000 de la paille de blé, correspondent les 170 g de la paille de riz, taux très élevé et constituant alors un facteur diminuant sensiblement la valeur de cette dernière.

Quant aux composants minéraux de la paille de riz, ils sont représentés en premier par la silice et les silicates. En effet, sur huit échantillons dosés en 1971, pour un taux moyen de 160,6 g de matières minérales, l'insoluble chlorhydrique s'élève à 126,8 g. Cependant, des éléments autre que la silice interviennent, qui risquent d'avoir des répercussions beaucoup plus fâcheuses chez l'animal. Ce fourrage, en effet, contient des taux importants d'oxalates qui, selon les auteurs indiens, se trouvent soit combinés au potassium, soit au calcium pour donner des oxalates de calcium insolubles. La formation de ces deux types de composés en abondance est susceptible d'interférer au niveau de métabolisme phospho-calcique et de l'équilibre acido-basique avec les risques d'ostéomalacie ou d'alcalose.

L'examen du tableau n° I montre que la composition bromatologique des pailles varie sensiblement d'une année à l'autre, vraisemblablement en fonction des variétés cultivées, des façons culturales, des dates et modes de récolte.

Les différences pour la plupart des constituants sont hautement significatives d'une récolte à l'autre.

Les valeurs fourragères calculées d'après les tables hollandaises, à partir du taux de cellulose et de cendres, distinguent très nettement la paille de 1963 et celle de 1965.

Pour ces trois années, la valeur de l'échantillon moyen est la suivante :

- 1963 : 0,30 UF/kg
- 1965 : 0,33 UF/kg
- 1970 : 0,37 UF/kg.

2. DIGESTIBILITES *IN VIVO*

Les résultats précédents obtenus à partir des tables hollandaises ne devraient constituer, de premier abord, que des données approximatives. Ces tables, en effet, ont été établies à la suite d'observations faisant intervenir des races européennes et des graminées des zones tempérées. On peut donc supposer qu'en zone tropicale, en raison d'éventuelles particularités digestives chez les bovins et d'une certaine spécificité dans la composition des fourrages, il soit nécessaire d'adapter ces valeurs. Des essais de digestibilités *in vivo* de la paille de riz ont été effectués sur des zébus ou des taurins tropicaux (zébu Gobra et taurin Ndama) afin de préciser la valeur alimentaire de ce sous-produit.

Le principe de ces digestibilités *in vivo* est classique. Il consiste à maintenir dans des cages spéciales permettant la mesure précise des ingestats et des excréments, des animaux d'expérience pendant un mois, quinze jours pour l'adaptation au régime et quinze jours pour la période expérimentale.

Durant cette dernière, la ration donnée, les refus, les quantités de matières fécales journalièrement excrétées sont soigneusement fixés. Le dosage des principes alimentaires est effectué avec des échantillons de ces divers produits et les quantités des différents éléments ingérés et excrétés sont calculés. Pour chacun, le coefficient de digestibilité résulte de la formule :

$$CD = \frac{\text{ingestat} - \text{excrétat}}{\text{ingestat}} \times 100$$

A partir de l'analyse bromatologique et des coefficients de digestibilités, il est alors possible de calculer la valeur énergétique du fourrage en utilisant la formule suivante :

$$\text{Valeur fourragère (U.F.)} = \frac{(\text{MAD} + \text{MCD} + \text{ENAD} + (\text{MGD} \times 2,25) \text{ 3,65} - \text{MS})}{1883}$$

dans laquelle chaque principe est exprimé en grammes par kg de M.S.

Pour calculer les différents coefficients de digestibilité de la paille de riz, plusieurs séries de digestibilités *in vivo* ont été effectuées.

Les premières sont des digestibilités unitaires, c'est-à-dire des digestibilités dans lesquelles on utilise comme aliment exclusivement la paille de riz. Les autres sont des digestibilités différentielles, la ration se compose alors de paille de riz et d'un autre élément, en l'occurrence le tourteau d'arachide.

Les résultats de ces divers travaux ou tout au moins de ceux dont l'interprétation est actuellement terminée sont maintenant présentés.

2.1. Digestibilité unitaire

Deux séries de digestibilités de ce type ont été effectuées sur des taurillons de race Ndama.

La première compte sept animaux et utilise la paille de riz récoltée en 1963, la deuxième intéresse cinq individus et le fourrage provient de la récolte de 1965.

Les coefficients de digestibilité obtenus dans l'un et l'autre cas et les valeurs fourragères qui en résultent font l'objet des tableaux II et III.

Une comparaison par analyse de variance des coefficients de digestibilités obtenus en 1963 et 1965 donne les valeurs de F suivantes :

$$\text{M.S. } F = 4,64$$

$$\text{M.O. } F = 3,72$$

$$\text{M.G. } F = 0,19$$

$$\text{M.C. } F = 16,60^{++}$$

$$\text{E.N.A. } F = 0,07$$

$$\text{U.F. } F = 0,65$$

En définitive, il existe une différence significative dans la composition des pailles de 1963

TABLEAU N° II
Digestibilité unitaire 1963 - Coefficients obtenus

N° animal	M.S.	M.O.	M.A.	M.G.	M.C.	E.N.A.	U.F./kg de paille
1	52,83	60,97	- 64,98	52,08	66,09	60,86	0,45
2	49,63	57,64	- 28,48	68,84	63,53	55,90	0,40
3	49,25	57,93	- 38,40	72,04	63,13	56,96	0,41
4	55,91	64,20	- 57,54	75,03	73,82	57,39	0,49
5	50,63	61,35	- 47,79	63,06	67,00	60,18	0,46
6	53,24	60,42	- 31,95	64,80	65,46	59,42	0,44
7	57,50	66,25	- 39,27	66,49	71,20	65,69	0,53
\bar{x}	52,71	61,25	- 44,05	66,04	67,17	59,48	0,454
\pm	2,91	2,89	12,40	6,86	3,66	3,03	0,041

TABLEAU N° III
Digestibilité unitaire 1965 - Coefficients obtenus

N° animal	M.S.	M.O.	M.A.	M.G.	M.C.	E.N.A.	U.F.
1	58,02	65,03	- 12,03	74,78	74,57	60,32	0,48
2	53,58	61,62	- 52,44	60,52	73,45	55,32	0,44
3	59,36	67,55	+ 15,11	74,54	77,85	61,68	0,53
4	59,38	66,88	+ 4,80	64,55	76,24	61,97	0,51
5	53,03	61,97	- 14,00	65,02	73,24	55,48	0,42
\bar{x}	56,67	64,61	- 11,71	67,88	75,07	58,95	0,476
\pm	3,89	3,39	32,03	7,99	2,43	4,10	0,056

et 1965, mais cette différence perd sa signification lorsqu'on considère les coefficients de digestibilité, à l'exception de celui de la cellulose, et les valeurs fourragères en résultant.

On peut donc, à l'issue de ces deux digestibilités, attribuer à la paille de riz les coefficients de digestibilité moyens suivants :

M.S.	= 54,4
M.O.	= 62,6
M.G.	= 66,8
M.A.	= 0 (— 30,6)
M.C.	= 70,0
E.N.A.	= 59,3

Les valeurs UF calculées à partir des compositions moyennes des pailles (tableau I) et des coefficients de digestibilité moyens et arrondis sont respectivement de : 0,497 - 0,475 et 0,478 UF/kg de M.S.; si le coefficient de digestibilité des matières azotées est nul et 0,485 - 0,461 et 0,460, si ce coefficient de digestibilité est de — 30,6.

Ces résultats confirment que la paille de riz constitue un bon aliment énergétique pour les taurins Ndama.

Cependant, donnée seule, la paille de riz est incapable d'assurer l'entretien des animaux principalement en raison de son indigence totale en matières azotées digestibles. Les coefficients de digestibilité négatifs concernant les matières azotées, obtenus au cours de cet essai, témoignent que les animaux, pour assurer un fonctionnement digestif normal, ont dû faire de larges emprunts à leurs propres tissus, ce qui s'est traduit par un amaigrissement sensible : 7 à 12 kg perdus au cours des 15 jours d'expérience.

La paille de riz ne peut donc pas être utilisée efficacement sans une supplémentation azotée convenable et, en ce qui concerne les essais précédents, l'amaigrissement observé et le mauvais état d'entretien des animaux d'expérience sont de nature à rendre aléatoires ces premiers résultats.

Dans les essais de digestibilité ultérieurs, la ration sera composée de paille de riz et de tourteau d'arachide, de paille de riz, de tourteau et de phosphate disodique.

Afin d'obtenir les coefficients de digestibilité de la paille de riz au cours des digestibilités différentielles, les calculs tendent à distinguer pour chaque élément retenu par l'animal, ce qui revient au tourteau et ce qui revient à la paille (les coefficients de digestibilité du tourteau étant connus).

2.2. Digestibilités différentielles

La première digestibilité de ce type (digestibilité n° 2) intéresse huit Ndama d'un poids moyen de 186 kg \pm 21, auxquels 500 g de tourteau d'arachide Expeller sont quotidiennement distribués.

Au cours de la deuxième, comptant quatre Ndama (digestibilité n° 3), d'un poids moyen de 243 kg \pm 27, le taux de tourteau est porté à 1 kg par jour.

Dans la digestibilité n° 4, les trois animaux reçoivent deux suppléments : 500 g de tourteau et du phosphate disodique dans l'eau de boisson, à raison de 0,3 g par l. Le poids moyen de ces animaux est de 218 kg \pm 82.

Enfin, le dernier essai (n° 5) comporte la distribution d'un kg de tourteau et le même taux de $\text{PO}_4 \text{HNa}_2$ dans l'eau de boisson, pour un poids vif moyen de 245 \pm 32.

Les résultats moyens de ces quatre digestibilités différentielles font l'objet des tableaux nos IV, V, VI et VII.

En définitive, les coefficients de digestibilité des éléments les plus importants, établis à l'issue de la digestibilité unitaire et des quatre digestibilités différentielles, s'établissent comme indiqué au tableau n° VIII, p. 214.

On remarque d'abord la variabilité individuelle relativement importante qui, pour les matières azotées et les matières grasses, prend de telles proportions que les moyennes ne présentent plus alors aucune certitude.

Les études de digestibilité *in vivo* conduisent donc à des résultats d'autant plus valables que le nombre d'animaux mis en expérience est plus grand. Si l'on considère le volume d'analyse qu'exige l'expérimentation pendant un mois sur un seul individu, on réalise facilement le travail important et le prix de revient élevé de ce type d'étude.

TABLEAU N° IV

Digestibilité différentielle n°2 - Paille de riz + 500 g de tourteau
Résultats moyens sur huit animaux

	Q kg	M.O. g	M.A. g	M.G. g	M.C. g	E.N.A. g
1) Paille ingérée	82,03 ± 6,78	62.981 ± 5.222	1.999 ± 119	1.079 ± 77	27.892 ± 1.781	32.313 ± 3.192
2) Tourteau ingéré	7,5 ± 0	6.559 ± 0	3.697 ± 0	50 ± 0	57 ± 0	2.735 ± 0
3) Total ingéré	89,53 ± 6,78	69.540 ± 5.222	5.696 ± 119	1.129 ± 77,5	27.949 ± 1.741	35.048 ± 3.192
4) Total digéré		45.817 ± 4.156	3.403 ± 183	680,5 ± 97,8	19.870 ± 1.754	21.862 ± 2.678
5) Coefficients de digestibilité de la ration totale		65,88 ± 1,88	59,74 ± 2,80	60,27 ± 4,93	70,09 ± 2,76	62,37 ± 3,04
6) Digéré à partir du tourteau		5.643 ± 0	3.300 ± 0	44 ± 0	9 ± 0	2.290 ± 0
Digéré à partir de la paille (4-6)		40.174 ± 4.156	103,12 ± 182,8	636,5 ± 97,8	19.576 ± 1.599	19.595 ± 2.263
Coefficients de digestibilité de la paille		63,78 ± 2,19	3,15 ± 8,70	58,98 ± 5,92	70,18 ± 1,72	60,64 ± 3,32

TABLEAU N° V

Digestibilité différentielle n°3 - Paille de riz + 1 kg de tourteau
Résultats moyens sur quatre animaux

	Q kg	M.O. g	M.A. g	M.G. g	M.C. g	E.N.A. g
Paille ingérée	79,06 ± 8,32	61.560 ± 6.478	2.200,7 ± 231,7	1.066,2 ± 111,8	28.117 ± 2.958	30.160 ± 3.174
Tourteau ingéré	13,12 ± 3,8	11.439 ± 3.324	6.469,5 ± 1.876	87,25 ± 25,87	99,75 ± 28,92	4780,5 ± 1.379
Total ingéré	92,18 ± 10,37	72.999 ± 8.321	8.670,2 ± 1.975	1.153,5 ± 124	28.216 ± 2.969	34.940 ± 3.912
Total digéré		45.974 ± 4.977	6.193,5 ± 1.705	560,25 ± 196	18.973 ± 1.535	20.419 ± 2.098
Coefficients de digestibilité de ration totale		62,97 ± 4,38	71,43 ± 4,73	48,56 ± 19,81	67,24 ± 2,22	58,44 ± 4,13
Digéré à partir de la paille		37.013 ± 3.779	378,5 ± 124,3	483,5 ± 188	18.957 ± 1.531	16.412 ± 994
Digéré à partir du tourteau		8.961 ± 4.562	5.815 ± 1.697	76,75 ± 22,83	15,75 ± 4,54	4007,5 ± 1.162
Coefficients de digestibilité de la paille		60,12 ± 1,3	12,19 ± 6,86	45,34 ± 20,98	67,42 ± 2,25	54,41 ± 4,16

Digestibilité différentielle N°4 - Paille de riz + 500 g de tourteau + $\text{PO}_4 \text{ H Na}_2$
Résultats moyens sur trois animaux

	Q kg	M.O. g	M.A. g	M.G. g	M.C. g	E.N.A. g
Paille ingérée	69,06 ± 24,8	54.612 ± 19.499	1.263,3 ± 450,4	756,0 ± 270	24.488 ± 8.744	28.104 ± 10.035
Tourteau ingéré	7,5	6.539 ± 0	3.697 ± 0	50 ± 0	57 ± 0	2.735 ± 0
Total ingéré	76,5 ± 24,8	61.151 ± 19.499	4.960 ± 450,4	806 ± 270	24.545 ± 8.744	30.839 ± 10.035
Total digéré		42.291 ± 10.645	2.994,6 ± 833,8	-	18.414 ± 5.461	20.953 ± 4.946
Coefficients de digestibilité de la ration totale		69,15 ± 4,85	60,37 ± 13,33		75,02 ± 4,90	67,94 ± 8,6
Digéré à partir du tourteau		5.643 ± 0	3.300 ± 0	44 ± 0	9 ± 0	2.290 ± 0
Digéré à partir de la paille		36.648 ± 10.645	-306 ± 833	-	18.405 ± 5.461	18.663 ± 4.946
Coefficients de digestibilité de la paille		67,10 ± 4,73			75,15 ± 4,94	66,40 ± 8,98

TABLEAU N°VII

Digestibilité différentielle n°5 - Paille de riz + 1 kg tourteau + $\text{PO}_4 \text{ H Na}_2$
Résultats moyens sur trois animaux

	Q kg	M.O. g	M.A. g	M.G. g	M.C. g	E.N.A. g
Paille ingérée	76,22 ± 24,7	60.179 ± 23.599	1.392 ± 545	833,3 ± 327	26.984 ± 10.581	30.969 ± 12.144
Tourteau ingéré	15 ± 0	13.077 ± 0	7.394 ± 0	100 ± 0	114 ± 0	5.469 ± 0
Total ingéré		73.256 ± 23.599	8.786 ± 545	933 ± 327	27.098 ± 10.581	36.438 ± 12.144
Total digéré		49.847 ± 11.267	6.326 ± 468	107,3 ± 764	19.555 ± 5.876	23.858 ± 4.849
Coefficients de digestibilité de la ration totale		68,04 ± 7,47	72,02 ± 6,75	11,5 ± 87	72,16 ± 6,4	65,47 ± 8,68
Digéré à partir du tourteau		11.346 ± 0	6.660 ± 0	88 ± 0	18 ± 0	4.580 ± 0
Digéré à partir de la paille		38.501 ± 11.267	-334 ± 468	19,33 ± 764	19.537 ± 5.876	19.278 ± 4.849
Coefficients de digestibilité de la paille		63,97 ± 7,69	-	2,31 ± 14,3	72,40 ± 6,53	62,24 ± 9,03

TABLEAU N°VIII
Coefficients de digestibilité moyens à l'issue des cinq expériences

	1 Paille seule	2 Paille + 500 g tourteau	3 Paille + 1 kg tourteau	4 Paille + 500 g tourteau + $\text{PO}_4 \text{ H Na}_2$	5 Paille + 1 kg tourteau + $\text{PO}_4 \text{ H Na}_2$
N	12	8	4	3	3
MO	$62,65 \pm 2,10$	$63,78 \pm 2,19$	$60,12 \pm 1,3$	$67,10 \pm 4,73$	$63,97 \pm 7,7$
MC	$70,45 \pm 3,25$	$70,18 \pm 1,72$	$67,42 \pm 2,25$	$75,15 \pm 4,94$	$72,4 \pm 6,53$
ENA	$59,27 \pm 2,01$	$60,64 \pm 3,32$	$54,41 \pm 4,16$	$66,40 \pm 8,98$	$62,24 \pm 9,03$

Des comparaisons groupe à groupe par analyse de variance ont été effectuées sur les coefficients de digestibilité obtenus dans ces cinq séries d'expérience. En ce qui concerne la matière organique, les résultats des calculs conduisent aux conclusions suivantes :

1. Il n'existe pas de différence significative entre les résultats obtenus par les digestibilités unitaires et les digestibilités différentielles ($F 1 \rightleftharpoons 2 = 0,50$).

2. Un excès de tourteau (lorsque la ration passe de 500 g à 1 kg) entraîne une diminution significative du coefficient de digestibilité de la matière organique ($F = 6,42$).

3. L'adjonction de phosphate monosodique à la ration est sans effet significatif sur ce même coefficient.

Pour les coefficients de digestibilité de la cellulose, les conclusions sont quelque peu différentes.

1. Digestibilité unitaire et digestibilité différentielle ($F 1 \rightleftharpoons 2 = 0,04$) donnent des résultats comparables.

2. Comme précédemment, l'excès de tourteau (1 kg dans la ration) entraîne une diminution significative du coefficient.

3. L'adjonction de phosphate monosodique entraîne une augmentation hautement significative du coefficient de digestibilité de la cellulose.

$$F 2 \rightleftharpoons (4 + 5) = 9,73 ++$$

$$F 3 \rightleftharpoons (4 + 5) = 20,44 ++$$

Les résultats des comparaisons pour le dernier élément étudié le coefficient de digestibilité de l'E.N.A., conduit à des conclusions comparables à celles concernant le coefficient de digestibilité de la cellulose.

Les valeurs de F obtenues sont :

$$F 1 \rightleftharpoons 2 = 0,48$$

$$2 \rightleftharpoons 3 = 6,85 +$$

$$4 \rightleftharpoons 5 = 1,90$$

$$2 \rightleftharpoons (4 + 5) = 3,86$$

$$3 \rightleftharpoons (4 + 5) = 19,81 ++$$

Nous allons maintenant envisager les valeurs fourragères qu'on peut attribuer à la paille de riz en fonction de ces expérimentations et en utilisant la formule indiquée auparavant.

Les valeurs fourragères moyennes (UF) pour chaque expérimentation sont présentées dans le tableau n° IX.

TABLEAU N°IX
Valeur fourragère de la paille de riz

	1 Paille seule	2 Paille + 500 g tourteau	3 Paille + 1kg tourteau	4 Paille + 500 g tourteau + $\text{PO}_4 \text{ H Na}_2$	5 Paille + 1 kg tourteau + $\text{PO}_4 \text{ H Na}_2$
N	12	8	4	3	3
UF	$0,465 \pm 0,027$	$0,462 \pm 0,023$	$0,398 \pm 0,060$	$0,523 \pm 0,072$	$0,477 \pm 0,120$

Avec un nombre d'animaux suffisant (8 ou 12) les variations individuelles sont relativement faibles. Elles deviennent par contre importantes dans les groupes 4 et 5 qui ne comptent que trois animaux.

Les comparaisons lot par lot par analyse de variance montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre les groupes 2 et 3, pas plus qu'entre 4 et 5. Le taux de tourteau de la ration n'influe donc pas sur la valeur fourragère de la paille.

La valeur de F pour la comparaison 1 \leftrightarrow 2 n'est pas significative. On obtient donc des résultats comparables pour la valeur énergétique de la paille au cours de la digestibilité unitaire et au cours de la digestibilité différentielle. On peut cependant remarquer que, dans le deuxième cas, les variations individuelles sont légèrement plus faibles.

Il existe une différence hautement significative ($F = 14$) entre les groupes (2 + 3) et (4 + 5).

L'absorption du phosphate disodique par les animaux a donc amélioré de façon sensible l'utilisation de la paille de riz.

En définitive, quelles conclusions peut-on tirer de ces divers essais de digestibilité *in vivo* intéressant la paille de riz ?

Il y a d'abord le fait que les valeurs énergétiques de la paille de riz obtenues par les digestibilités *in vivo* sont supérieures à celles que donnent les tables hollandaises à partir de la composition bromatologique de la paille.

Pour la même année de récolte (1963), les digestibilités unitaires ont accordé à ce fourrage, chez le Ndama, une valeur moyenne de $0,454 \pm 0,041$, tandis que la valeur obtenue par les tables se situe à $0,30 \pm 0,01$. Notre réserve concernant l'utilisation de ces tables pour des animaux et des fourrages tropicaux, se trouve donc justifiée. On peut observer ensuite que, contrairement aux prévisions, digestibilité unitaire et digestibilité différentielle ont conduit à des résultats très proches, c'est-à-dire à des valeurs fourragères de la paille voisines :

Digestibilité paille seule : $UF = 0,454 \pm 0,041$.

Digestibilité + 500 g de tourteau : $UF = 0,462 \pm 0,023$.

Il n'en reste pas moins que d'un point de vue pratique, la paille de riz est inutilisable sans une supplémentation azotée convenable. C'est le fait d'avoir employé ce fourrage sans ce type de supplémentation qui justifie la méfiance des éleveurs qui ont observé que l'affouragement exclusif à la paille de riz entraînait un rapide amaigrissement des troupeaux.

Le taux d'azote n'est pas sans influence sur la plus ou moins bonne utilisation de la paille. On s'aperçoit, en effet, que dans le cadre des divers essais tous les coefficients de digestibilité de la paille diminuent sensiblement quand on passe de 0,500 à 1 kg de tourteau distribué journellement.

Enfin, l'utilisation de la paille de riz trouve un bénéfice immédiat de la supplémentation minérale. Ce fait touche de près un problème de la composition minérale de la paille de riz que nous avons déjà évoqué et que nous approfondissons dans le chapitre suivant.

3. ETUDE DES BILANS

Nous aborderons successivement l'étude des bilans minéraux et azotés obtenus au cours des essais de digestibilités *in vivo*, et celle des bilans azotés effectués journellement sur des périodes de dix jours.

3.1. Bilans minéraux

Les bilans du calcium et du phosphore ont été calculés, au cours de la digestibilité unitaire, et au cours de deux digestibilités différentielles. Les dosages dans les fèces et les urines ont porté sur trois mélanges de cinq jours, d'une partie aliquote de fèces et d'urines pour chaque animal.

Les résultats de ces trois séries sont présentés dans les tableaux n° X, XI, XII.

On constate que lors d'administration de la paille seule, le bilan calcique est fortement négatif. Les animaux perdent en moyenne deux grammes de calcium par jour, ce qui est de nature à entraîner au bout d'un temps plus ou moins long, suivant l'importance des réserves osseuses, des troubles d'ostéomalacie.

La totalité du calcium introduit dans la paille se retrouve dans les fèces, probablement sous la forme d'oxalate de calcium insoluble. A ces

TABLEAU N° X
Paille de riz seule - Bilan phospho-calcique

Calcium								
N° animal	1	2	3	4	5	6	+	\bar{x}
Ca ingéré g	79,892	113,106	103,771	97,20	103,22	99,69	103,19	
Ca fèces g	128,824	151,992	153,385	108,00	139,37	101,44	121,18	
Ca urines g	1,425	1,601	1,504	1,051	1,86	1,16	1,60	
Bilan 15 jours	-50,357	-40,487	-51,119	-11,85	-38,01	- 2,91	-19,59	$-30,61 \pm 17,74$
Phosphore								
P. ingéré	41,787	51,865	44,665	40,80	42,21	38,78	39,99	
P. fèces	46,064	58,647	55,869	49,15	61,19	48,20	49,52	
P. urines	0,434	0,658	0,495	0,463	0,63	0,41	0,59	
Bilan	- 4,711	- 7,444	-11,699	- 8,81	-19,61	- 9,83	-10,12	$-10,317 \pm 4,316$

TABLEAU N°XI
Paille de riz + 500 g de tourteau - Bilan phospho-calcique

Calcium							
N° animal	1	2	3	4	5	6	\bar{x}
Ca ingéré	154	160	137	134	157	154	
Ca fèces	175	202	168	143	197	159	
Ca urines	1,5	3	3	3	4	2	
Bilan	- 22,5	- 45	- 34	- 12	- 44	- 7	$-27,41 \pm 16,959$
Phosphore							
P. ingéré	115	143	125	107	154	152	
P. fèces	115	145	107	102	145	133	
P. urines	0,5	1	1	0,4	1	1	
Bilan	- 0,5	- 3	+ 17	+ 4,6	+ 8	+ 18	$7,350 \pm 9,185$

quantités de calcium ingéré, s'ajoute, dans les fèces, une quantité de calcium métabolique importante qui signe une active ostéolyse, le tout se traduisant par un processus de décalcification de l'organisme.

Du point de vue du phosphore, le bilan est également négatif, environ 600 mg de cet élément étant perdu journallement. Le faible taux de phosphore éliminé par les urines traduisant une insuffisance d'apport manifeste.

TABLEAU N°XII
Paille de riz + tourteau + $\text{PO}_4 \text{ H Na}_2$

Calcium

N° animal	1	2	3	4	5	6	\bar{x}
Ca ingéré	126	150	94	106	92	90	
Ca fèces	153	208	132	151	147	146	
Ca urines	2,0	1,0	1,0	2,0	1,0	1,0	
Bilan	- 29	- 59	- 39	- 47	- 56	- 57	-47,83 \pm 12,49
Phosphore							
P. ingéré	177	251	131	191	202	139	
P. fèces	149	237	159	163	205	184	
P. urines	26	1,5	1	30	2	1	
Bilan	+ 2	+ 12,5	- 29	- 2	- 5	- 46	-11,25 \pm 22,926

L'administration du tourteau aux animaux n'améliore pas le bilan calcique, alors que le bilan phosphoré devient positif. On sait que le tourteau, en effet, apporte beaucoup plus de phosphore que de calcium (5,340 g de P et 0,92 g de Ca par kg).

Les oxalates de la paille de riz, s'ils agissent sur le métabolisme du calcium, ne semblent pas interférer avec l'utilisation du phosphore.

Lorsqu'on ajoute à la paille et au tourteau du $\text{PO}_3 \text{ H Na}_2$, on aggrave encore la perte en calcium en déséquilibrant encore davantage le rapport phospho-calcique au moment de l'assimilation. Dans ce dernier cas, le bilan phosphoré redevient négatif.

L'apport de phosphore seul n'est donc pas favorable à l'équilibre du métabolisme phospho-calcique dans le cas d'une alimentation à la paille de riz.

L'adjonction de phosphate bicalcique au lieu de phosphate disodique aurait certainement produit des effets différents.

3.2. Bilans azotés des digestibilités

Les bilans azotés obtenus au cours des trois

séries de digestibilités sont présentés dans le tableau n° XIII.

Avec la paille seule, on constate que le bilan azoté est fortement négatif, plus de 70 g d'azote sont perdus en moyenne par les animaux. La perte se situe au niveau des matières fécales où l'on retrouve sans doute la totalité de l'azote ingéré avec la paille. Les résultats des digestibilités prouvent que les matières protéiques de la paille de riz sont totalement indigestes.

L'adjonction de 500 g de tourteau corrige ce processus et on obtient en règle générale avec cet apport, un bilan équilibré. Cependant, les pertes par les urines deviennent alors importantes, ce qui signe une utilisation insuffisante de l'azote au niveau du rumen lors de la synthèse de l'azote bactérien à partir de l'ammoniac. Un kg de tourteau rend le bilan nettement positif, encore que le rendement soit faible car on retrouve beaucoup trop d'azote dans les urines.

Le tourteau d'arachide ne semble donc pas constituer la forme idéale de supplémentation azotée de la paille de riz.

L'adjonction de $\text{PO}_4 \text{ HNa}_2$ ne semble pas améliorer de façon sensible l'utilisation des matières protéiques du tourteau.

TABLEAU N°XIII
Paille de riz seule

N° animal	1	2	3	4	5	6	7	\bar{x}
Azote ingéré	974,5	1.358,3	1.186,1	860,2	1.040,1	917,9	949,5	
Azote fèces	1.507,7	1.745,1	1.641,6	1.355,3	1.537,2	1.217,2	1.322,4	
Azote urines	706,5	803,4	768,3	622,9	826,3	647,1	729,0	
Bilan	-1.239,8	-1.190,2	-1.223,8	-1.118,0	-1.323,4	- 946,5	-1.102	-1.163,4 \pm 112,82
i Paille de riz + tourteau								
	Plus 500 g par jour			Plus 1 000 g par jour				
N° animal	1	4	7	2	3	5	6	
Azote ingéré	6.007	5.540	5.742	8.519	6.972	9.679	9.511	
Azote fèces	2.277	2.061	1.119	2.754	2.155	2.577	2.483	
Azote urines	3.367	3.313	4.181	3.903	4.833	5.120	4.459	
Bilan	+ 363	+ 166	- 500	+1.862	- 16	+1.982	+2.569	918 \pm 1.102
Paille de riz + tourteau + $PO_4 H Na_2$								
N° animal	1	2	7	2	5	6		
Azote ingéré	5.134	4.772	4.975	9.029	8.729	8.501		
Azote fèces	2.003	1.607	1.716	2.713	2.028	2.262		
Azote urines	3.039	3.008	3.130	4.433	3.659	3.443		
Bilan	+ 42	+ 157	+ 129	+1.883	+3.042	+2.896		1.358 \pm 1.496

3.3. Bilans azotés spéciaux

Ils sont établis sur un zébu et un taurin Ndama maintenus en cage de digestibilité pendant 10 jours après 15 jours de préexpérimentation.

Des dosages d'azote procédant de la méthode de Kjeldhal sont effectués journalièrement sur : un échantillon de foin donné, un échantillon moyen de refus, un échantillon de matière fécale du matin, un des matières fécales du soir, un échantillon d'urines du matin et un des urines du soir.

Les résultats sont présentés en fonction des trois coefficients :

Le coefficient de rétention (C.R.) établi d'après la formule suivante :

$$C.R. = \frac{N \text{ ingéré} - N \text{ des urines}}{N \text{ ingéré}} \times 100$$

La valeur de ce coefficient paraît liée au taux de métabolisation de NH_3 , libéré au niveau du rumen à partir des matières azotées ingérées.

En effet, lorsque dans cet organe, les conditions sont réunies pour une synthèse active des

bactéries, peu d' NH_3 parvient au foie et les quantités d'N perdues par les urines sont faibles. Le coefficient de rétention est alors élevé.

— le coefficient de digestibilité (C.D.) qui répond à la formule :

$$\frac{N \text{ ingéré} - N \text{ des fèces}}{N \text{ ingéré}} \times 100$$

Ce coefficient permet d'évaluer la nouvelle perte d'azote liée à la plus ou moins grande absorption de l'azote au niveau de l'intestin. Son importance semble donc dépendre essentiellement de la valeur biologique (V.B.) des produits azotés qui franchissent le duodénum.

— Le bilan, enfin, correspond à l'N digestible diminué de l'N urinaire, et constitue donc la synthèse des deux processus antérieurs (rétention + digestibilité).

Quatre bilans de ce type ont été effectués avec la paille de riz.

Le premier avec une ration comportant l'administration de paille de riz seule. Le deuxième avec une ration comportant paille + 250 g de

tourteau, dans le troisième, la quantité de tourteau est portée à 500 g, enfin, dans le dernier, on effectuait deux fois par jour une administration forcée de 25 g d'urée en solution dans un litre d'eau. Les résultats de ces quatre essais pour le zébu et le Ndama sont les suivants :

Paille de riz seule :	Ndama	Zébu
C.R.	53,18	33,92
C.D.	0	0
Bilan/j/100 kg vif	— 0,42 g	— 0,48 g

Paille de riz + 250 g de tourteau :		
C.R.	39,08	33,42
C.D.	37,91	27,81
Bilan/j/100 kg vif	— 0,52	— 0,65

Paille de riz + 500 g de tourteau :		
C.R.	62,45	53,61
C.D.	60,71	46,09
Bilan/j/100 kg vif	+ 0,72	0

Paille de riz + 50 g d'urée :		
C.R.	71,04	65,97
C.D.	50,58	45,53
Bilan/j/100 kg vif	+ 0,37	+ 0,15

Ces derniers résultats permettent de souligner quelques faits :

— Les divers coefficients obtenus sont plus élevés pour les taurins Ndama que pour les zébus. Les résultats globaux qui constituent les bilans semblent donc témoigner d'une meilleure utilisation de l'azote chez les premiers.

Pour équilibrer le bilan, un minimum de 500 g de tourteau paraît nécessaire chez le zébu, ce qui correspond dans l'essai actuel à un apport de 186 g de tourteau par 100 kg de poids vif.

Chez le Ndama, la même quantité brute de tourteau, équivalant à 245 g de tourteau par 100 kg conduit à un bilan nettement positif.

50 g d'urée distribuée journalièrement rendent le bilan azoté positif aussi bien chez le zébu que le Ndama. L'urée semble donc beaucoup mieux convenir à la supplémentation de la paille de riz que le tourteau dont nous avons déjà souligné la médiocre utilisation dans les rations à la paille de riz.

14 g d'N uréique ont le même effet sur le bilan que 29 g d'N fournis par le tourteau.

Une information supplémentaire a été obtenue au cours des essais concernant la détermination des bilans azotés. Elle est apportée par l'étude du rapport créatinine/azote dans les urines.

D'après les auteurs anglais (ALBIN et CLANTON), l'excrétion de la créatinine pour un individu serait à peu près constante et indépendante de la ration. L'azote des urines est par contre influencé par la ration.

Il en résulte que le rapport Cr/N dans les urines constitue un reflet de l'alimentation qui permettrait en particulier de préjuger de l'équilibre entre l'énergie et l'azote, facteur essentiel de l'efficacité de la ration. Pour les auteurs précités, lorsque cet équilibre est optimal, le rapport Cr/N prend une valeur voisine de 0,40 quand Cr est exprimé en mg de créatinine par ml d'urines et N en mg d'N par ml d'urines.

Les divers déséquilibres correspondant à certaines valeurs du rapport.

1. Faible taux de protéine — faible taux d'énergie $Cr/N = 0,38$;
2. Faible taux de protéine — taux élevé d'énergie $R = 0,57$;
3. Taux élevé de protéine — taux faible d'énergie $R = 0,18$;
4. Taux élevé de protéine — taux élevé d'énergie $R = 0,29$.

Avec les rations paille de riz + 500 g de tourteau, nous avons obtenu un rapport moyen Cr/N égal à $0,18 \pm 0,03$ chez le zébu et $0,19 \pm 0,06$ chez le Ndama. Il y a donc, conformément aux conclusions précédentes, un excès d'azote par rapport à l'énergie disponible.

Dans le cas de la ration paille de riz + urée, nous obtenons chez le zébu, un rapport moyen de $0,45 \pm 0,11$ pour le zébu et $0,37 \pm 0,16$ pour le Ndama, qui se rapproche de la valeur idéale de 0,40, correspondant au parfait équilibre.

Le résultat de ces derniers dosages constitue donc un argument de plus en faveur de l'urée comme supplément azoté de la paille de riz.

Parvenus au terme de ce 3^e chapitre, quelles conclusions pratiques peut-on en tirer concernant la paille de riz ?

Les bilans minéraux et les bilans azotés ont souligné deux points extrêmement défavorables pour la fructueuse utilisation alimentaire de ce fourrage.

D'une part, la paille de riz, en raison de sa teneur importante en oxalates, conduit à une décalcification rapide des animaux lorsqu'elle constitue le seul élément de la ration. D'autre part, toujours dans les mêmes conditions d'utilisation, elle entraîne chez les animaux un amaigrissement sensible, car ceux-ci doivent cataboliser leurs tissus pour mettre à la disposition des bactéries du rumen un taux d'ammoniac suffisant, utile à un fonctionnement normal de cet organe; ce taux suffisant, la paille de riz seule est incapable de l'apporter.

Il résulte de ces deux observations que ce fourrage est dangereux lorsqu'il constitue la seule source alimentaire. L'animal ne pouvant en tirer profit qu'au prix d'une double supplémentation obligatoire.

Cette supplémentation doit comporter, d'une part un taux convenable d'azote et, d'autre part, un excédent important d'éléments minéraux, les meilleurs étant constitués par ceux ayant un rapport Ca/P élevé.

Entre le tourteau d'arachide et l'urée, utilisés dans les essais précédents, l'urée semble constituer la source d'azote la plus efficace pour équilibrer les bilans.

Pour compenser les insuffisances minérales de la paille de riz, liées essentiellement à la présence des oxalates, les auteurs indiens proposent d'autres solutions qu'une supplémentation minérale de la ration, ces solutions font intervenir divers traitements de la paille.

D'après ces auteurs, un lessivage à la soude ou un simple rinçage de la paille enlève le plus gros du potassium et des oxalates en excès qui font obstacle à l'assimilation du calcium.

Le traitement à l'eau simple enlèverait 50 p. 100 de ces produits tandis que le traitement à la soude supprimerait 90 p. 100 des oxalates et du potassium. On obtiendrait en outre, dans ce dernier cas, une amélioration sensible dans l'utilisation des hydrocarbures de la paille.

4. DIGESTIBILITES *IN VITRO* DE LA PAILLE DE RIZ

La méthode utilisée pour ces essais est celle décrite par TISSERAND et ZELTER.

La fermentation est effectuée dans des tubes à essai de 150 cm³, de rodage 29/32, surmontés d'un réfrigérant à 5 boules traversées par un tube amenant dans le milieu du CO₂ pour en assurer le barbotage.

Ces tubes au nombre de 8 par série sont immergés dans un bain-marie avec thermostat à 39° C \pm 0,5° C.

Dans le tube à macération, on introduit successivement : le substrat représenté par l'échantillon de paille à doser : l'inoculum constitué par du liquide de rumen prélevé sur l'animal par aspiration à travers une crépine filtrante, introduite dans le rumen toujours au même niveau de l'organe à travers une fistule permanente.

On ajoute enfin 20 ml d'une solution tampon du type salive artificielle dont la composition est identique à celle préconisée par Mac DOUGALL.

Les résultats de ces digestibilités sont fonction de trois variables :

1. Influence du temps de macération

Le jus de rumen provient d'une vache nourrie à la paille de riz sans supplément.

Le substrat est constitué par 1 g de paille de riz.

L'inoculum compte 20 ml de jus de rumen + 20 ml de salive.

Pour 18 essais pour lesquels la durée de macération est de 24 h, le coefficient de digestibilité de la cellulose est de 21,5 p. 100.

Au cours de 22 essais avec une durée de 48 h, le taux de cellulolyse a été de 21,2 p. 100.

La différence provenant de la durée de la macération n'est pas significative.

2. Influence de l'inoculum

L'inoculum provient d'une vache nourrie à la paille de riz et recevant journellement un supplément, 2 kg de granulés à base de sons titrant 135 g de protéines.

Les conditions expérimentales sont les mêmes que dans l'essai précédent avec une durée de macération de 48 heures.

Pour 22 essais sans supplément, la cellulolyse moyenne est de 21,2 p. 100.

Pour 15 essais avec supplément, la cellulolyse s'élève à 52,2 p. 100.

La valeur de l'inoculum liée à l'alimentation de l'animal, donneur, est donc déterminante.

3. Influence du rapport substrat/inoculum

L'inoculum provient d'une vache entretenue à la paille de riz et supplémentée par 2 kg/jour de granulés au son. La durée est de 48 heures.

15 essais comportent un gramme de paille de riz broyée et 20 ml d'inoculum. La cellulolyse moyenne est alors de 52,2 p. 100.

16 essais sont effectués avec 0,5 g de paille de riz broyée et 20 ml d'inoculum.

La cellulolyse s'élève à 58,9 p. 100. La différence est hautement significative.

En définitive, les conditions expérimentales conduisant à ce meilleur coefficient de digestibilité de la cellulose sont les suivantes : durée 48 h - inoculum provenant d'une vache recevant une ration équilibrée - rapport substrat et inoculum égal à 2,5 p. 100.

Dans ces conditions, les coefficients moyens de digestibilité pour la cellulose et la matière sèche ont été de 56,1 p. 100 et de 35,7 p. 100. On constate qu'ils sont nettement inférieurs à ceux obtenus au cours des différents essais *in vivo*.

Les méthodes de digestibilité *in vitro* utilisées ne semblent donc pas capables de donner des résultats valables dans l'absolu. Leur utilité réside dans la possibilité de comparer rapidement un certain nombre de fourrages et d'établir ainsi une échelle de valeur relative des principales espèces fourragères. Elles sont également d'un usage fructueux pour étudier les proportions des différents constituants d'une ration et tester l'influence de l'un ou de l'autre sur la digestibilité de la matière sèche ou de la cellulose.

N.D.L.R. — La bibliographie figure à la fin de la 2^e partie de ce travail qui sera publiée dans le n° 3.

SUMMARY

Rice straw as a food for cattle in Senegal.

I. Bromatological analysis, *in vivo* and *in vitro* digestibilities, nitrogenous and mineral balances

Rice straw is an abundant roughage in Senegal. For the present, 150 000 tones are available and this quantity is to be doubled in next ten years.

In the first part of this work, the authors report the results of many various experiments including chemical analysis, *in vivo* and *in vitro* digestibilities, nitrogen and mineral balances, performed in veterinary Dakar laboratory in order to obtain the main data for a complete and economical use of this roughage.

RESUMEN

La paja de arroz en la alimentación animal en Senegal.

I. Analisis bromatológicos, digestibilidades *in vivo* e *in vitro*, balances nitrogenados y minerales

La paja de arroz es un forraje abundante en Senegal: actualmente 150 000 toneladas son disponibles y estas cantidades deben de doblar durante los diez años venideros.

Actualmente se utiliza poco y mal este forraje que, distribuido solo, constituye un alimento muy incompleto. Para determinar las modalidades de una alimentación racional con dicho forraje, los autores dan los resultados de los numerosos trabajos de laboratorio efectuados con este sub-producto. La primera parte interesa su composición química, los resultados de las digestibilidades *in vivo* e *in vitro*, los balances nitrogenados y minerales.